

## PENGATURAN SEPEDA MOTOR PADA SIMPANG BERSINYAL UNTUK MENINGKATKAN KAPASITAS SIMPANG JALAN

### THE MOTORCYCLES ARRANGEMENT AT A SIGNALIZED INTERSECTIONS TO INCREASE THE INTERSECTION CAPACITY

Sigit Priyanto, Siti Malkhamah, dan Dewanti<sup>1</sup>

#### ABSTRACT

Theoretically, traffic light at the junction allocates the green times for each arms according to the prevailing flow, and it is assumed that the traffic users move immediately when the green sign light is on. In fact, that condition infrequently happens. There is a time gap, which is called the starting lost time, due to delay at the first interval of green. Many factors affect the time gap, one of them is mixed traffic. A fast vehicle, such as a motorcycle can not ride normally, and their performances are disturbed by slower vehicle. As a result the green time that had been set was not used effectively, so that the junction runs under its potential capacity. The aim of this research is to investigate the effect of special arrangement on motorcycles at a junction, by separating from other vehicles and compared them with the existing condition. There are three locations were studied, namely Jetis, Demangan and Pojok Beteng Kulon junctions. Based on the analysis, by looking at the characteristics of saturation flow and the proportion of vehicle discharged every interval of 0.1 minute during green time, this study concludes that the arrangement of motorcycles at signalized intersection does not always increase the intersection capacity. Moreover, the arrangement of motorcycles beside the queue or in front of the queue does not show the significant difference.

Keywords: lost time, delay, saturation flow, traffic light.

#### PENGANTAR

Pengaturan arus lalu lintas di persimpangan jalan agar terlaksana dengan lancar, umumnya dipakai Alat Pemberi Isyarat Lalu lintas (APILL). Secara teori, APILL mengalokasikan waktu hijau untuk setiap lengan sesuai dengan volume dan mengasumsikan kendaraan dengan segera dapat memasuki daerah simpang pada saat mendapat sinyal hijau. Selama ini lalu lintas sepeda motor bercampur dengan kendaraan lain, sehingga walaupun dapat berakselerasi lebih baik namun karena terhalang kendaraan di depannya terpaksa berjalan lambat.

#### a. Simpang

Simpang di daerah perkotaan merupakan lokasi yang sangat penting dari segi lalu lintas, tempat bertemunya arus lalu lintas dari berbagai arah, khususnya pada jalan sebidang tiga cabang dengan masing-masing dua arah lalu lintas (Salter, 1996). Pada simpang ber-APILL, waktu siklus minimal adalah 10 detik dan maksimal 130 detik, lebih atau kurang dari angka itu, biasanya pengaturan dengan APILL menjadi tidak efektif. Siklus yang rendah biasanya dihasilkan dari lebar simpang yang kurang dari 10 meter sedangkan untuk yang lebih besar dari itu waktu siklusnya besar.

#### b. Tundaan

Tundaan (*delay*) adalah terganggunya perjalanan kendaraan akibat berinteraksi dengan lalu lintas lainnya. Tundaan akibat terhentinya kendaraan pada simpang dengan APILL disebut *stopped delay*, kondisi ini bila berlangsung lama akan mengakibatkan kemacetan (*congestion*). Proporsi tundaan terbesar di daerah perkotaan terjadi di simpang, baik dengan prioritas maupun dengan APILL. Tundaan menurut Kyte, *et.al* (1988), terdiri dari tundaan yang disebabkan oleh geometri simpang (*geometric delay*) dan karena berinteraksi dengan

---

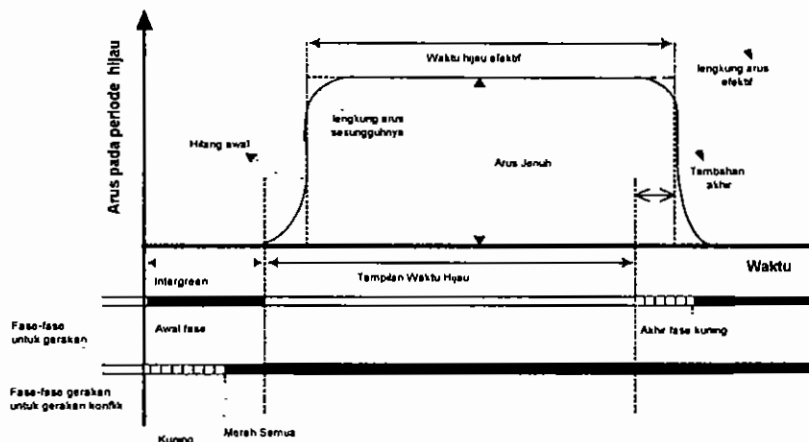
<sup>1</sup> Staf Pengajar Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.

kendaraan lainnya (*vehicle interaction delay*). Tundaan pertama disebabkan adanya penambahan dan pengurangan kecepatan kendaraan yang menuju dan melewati garis henti (*stop line*), sedangkan yang kedua dijabarkan dari waktu kendaraan menunggu giliran berjalan kembali setelah sebelumnya berada dalam antrian.

### c. Arus Jenuh

Arus Jenuh adalah jumlah arus lalu lintas maksimum yang dapat melewati simpang tersebut pada suatu kondisi tertentu per satuan waktu hijau, oleh sebab itu arus jenuh merupakan indikator dari kapasitas simpang. Stokes (1988) mengatakan arus jenuh sangat penting dalam perhitungan siklus optimum lampu pengatur lalu lintas, perubahan kecil saja akan mempengaruhi hasil hitungan.

Webster dan Cobbe (1966) membuat model arus yang lepas dari antrian ketika mendapat sinyal hijau pada simpang bersinyal. Pada awalnya arus dengan cepat meningkat sesaat, kemudian normal dan akhirnya menurun pada saat lampu berubah ke kuning. Arus pada saat normal (*steady*) disebut arus jenuh, sebagaimana Gambar 1. Arus jenuh biasanya dinyatakan dalam satuan mobil penumpang (smp) per jam untuk masing-masing lajur atau kendaraan per jam per lajur pada saat lampu hijau.



Gambar 1. Model Dasar untuk Arus Jenuh (Webster dan Cobbe 1966)

Pengaturan simpang ber-APILL biasanya dihitung berdasar kondisi ideal, namun di lapangan banyak ditemukan penyimpangan-penyimpangan yang dapat mempengaruhi pengoperasiannya, seperti disiplin lajur, terdapat parkir dan lain sebagainya. Menurut Kimber, *et.al.* (1986), arus jenuh dipengaruhi hal-hal sebagai berikut:

- 1). Kondisi permukaan jalan,
- 2). Proporsi kendaraan yang membelok,
- 3). Gradien,
- 4). Posisi lajur,
- 5). Lebar lajur.

### d. Panjang Antrian

Pada suatu jalan dua jalur dua arah, antrian kendaraan akan terbentuk di belakang kendaraan yang berjalan lambat. Sesegera mungkin ruang antara pada jalur yang berlawanan turun di bawah kebutuhan minimum untuk menyalip. Dapat pula dilihat bahwa bila arus meningkat, proporsi ukuran ruang antara yang pantas di atas batas yang diperlukan akan berkurang. Dari data hasil perhitungan dapat diketahui tingkat kinerja suatu simpang, antara lain panjang antrian, kendaraan berhenti, dan tundaan.

Berdasar pertimbangan di atas dan tingginya lalu lintas sepeda motor, yang secara teori dapat berakselerasi cepat, di kota Yogyakarta, penyusun tertarik melakukan penelitian guna memisahkan lalu lintas cepat dengan lambat.

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah untuk memberikan sumbangan pemikiran kepada pihak-pihak yang terkait dalam merancang fasilitas simpang dengan APILL, khususnya penempatan posisi sepeda motor pada antrian. Sedangkan tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis pengaruh penempatan posisi sepeda motor di depan antrian terhadap kapasitas simpang, tundaan dan panjang antrian.

### CARA PENELITIAN

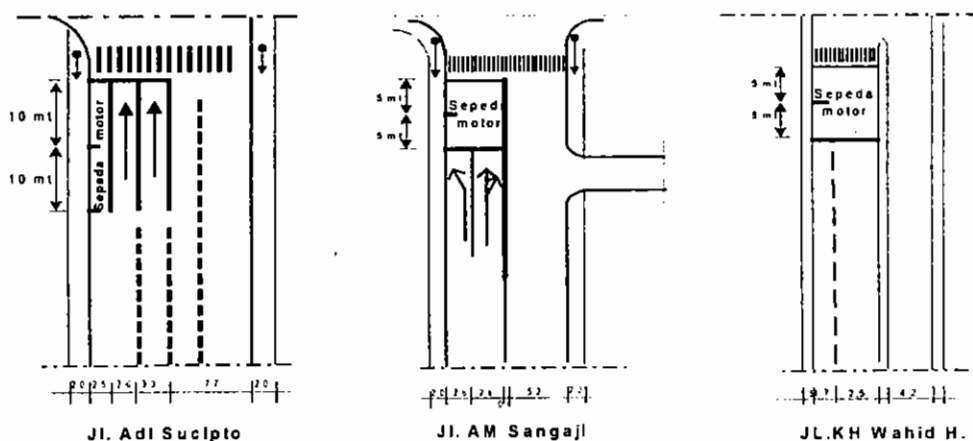
Langkah awal dalam penelitian ini adalah mencari simpang yang cocok dijadikan lokasi penelitian. Pada studi awal dari 48 simpang di Yogyakarta, ada 8 yang cocok, kemudian dengan teknik pembobotan diperoleh 3 lokasi. Pengambilan data dilakukan dengan kamera, yang ditempatkan pada sisi depan simpang dengan ketinggian tertentu, sehingga memudahkan pergerakan lalu lintas yang lepas pada saat hijau.

Data yang terekam kemudian direduksi, dengan cara memutar ulang hasil rekaman. Data hasil reduksi terdiri dari data: arus jenuh, tundaan henti dan panjang antrian. Sedangkan data waktu hilang awal diperoleh dengan membandingkan, data interval awal dengan interval jenuh, dari arus jenuh yang terjadi. Survei dilakukan pada dua kondisi yang berbeda yaitu kondisi tanpa pengaturan (TP) dan kondisi dengan pengaturan (DP). Adapun waktu dan jadwal survei seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Jadwal Survei Lapangan

Kondisi	Jadwal pengukuran data lapangan					
	Jetis		Jokteng		Demangan	
	Hari	Tanggal	Hari	Tanggal	Hari	Tanggal
TP	Senin	01-04-2002	Selasa	02-04-2002	Rabu	03-04-2002
DP	Senin	15-04-2002	Selasa	09-04-2002	Rabu	10-04-2002

Lokasi penempatan sepeda motor pada kondisi dengan pengaturan (DP), dari sejumlah kemungkinan yang ada, akhirnya ditetapkan tiga lokasi, sebagaimana pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi Penempatan Sepeda Motor Kondisi Dengan Pengaturan

## HASIL DAN PEMBAHASAN

## a. Data

Tabel 2. Data Arus Jenuh dan Tundaan

Simpang	Arus Jenuh (smp/jam)			Tundaan (kend/detik)		
	$n_1/n_2$	Rerata		$n_1/n_2$	Rerata	
		TP	DP		TP	DP
Demangan Pagi	28/21	5.930	6.446	28/21	34,04	31,05
Demangan Siang	25/20	5.267	6.172	25/20	37,74	37,08
Jetis Pagi	20/16	3.633	3.408	20/16	45,68	48,89
Jetis Siang	19/16	4.143	3.285	19/16	54,47	53,08
Pojok Beteng	20/19	3.081	2.457	20/19	34,76	48,28

$n_1$  : jumlah data untuk TP;  $n_2$  : jumlah data untuk DP

Hasil reduksi arus jenuh dapat dilihat pada Tabel 2. Jika dilihat dari angka arus jenuh, simpang Demangan berdampak positif terhadap kondisi DP. Terdapat kenaikan dari 5.930 menjadi 6.447 smp/jam pada pagi hari, dan 5.267 ke 6.172 smp/jam untuk siang. Simpang Jetis dan Jokteng, pada kondisi DP tidak berdampak positif, bahkan justru sebaliknya terjadi penurunan arus jenuh.

Pada Tabel 2 dapat dilihat data tundaan henti pada lokasi penelitian. Pada tabel tersebut terlihat bahwa perbedaan antara kondisi TP dengan DP tidak banyak. Simpang Demangan menunjukkan penurunan, sedangkan lainnya justru mengalami kenaikan tundaan.

Tabel 3. Panjang Antrian dan Waktu Hilang awal

Simpang	Panjang Antrian (m)			Waktu Hilang Awal (dtk)		
	$n_1/n_2$	Rerata		$n_1/n_2$	Rerata	
		TP	DP		TP	DP
Demangan Pagi	28/21	79	68	28/21	1,82	2,30
Demangan Siang	25/20	93	86	25/20	0,85	2,98
Jetis Pagi	20/16	66	111	20/16	0,60	1,32
Jetis Siang	19/16	78	92	19/16	1,18	1,10
Pojok Beteng	20/19	33	40	20/19	0,23	0,96

$n_1$  : jumlah data untuk TP;  $n_2$  : jumlah data untuk DP

Dari Tabel 3 dapat dilihat untuk data panjang antrian, simpang Demangan mempunyai panjang antrian yang lebih sedikit untuk kondisi DP dibandingkan dengan simpang lainnya. Waktu hilang awal adalah waktu yang tidak dapat dimanfaatkan pada saat hijau mulai menyala, nilainya dihitung berdasar jumlah smp yang dilewatkan pada interval awal, dibandingkan dengan interval jenuhnya. Keseluruhan lokasi menunjukkan naiknya waktu hilang awal pada kondisi dengan pengaturan (DP).

Guna mengetahui tingkat signifikansi dari perbedaan data sampel masing-masing variabel diatas, dilakukan uji t. Uji ini bertujuan melakukan uji rata-rata sampel, apakah sama atau berbeda secara nyata. Dalam penelitian ini akan diuji rata-rata arus jenuh, tundaan, antrian dan waktu hilang awal antara kondisi TP terhadap DP, yang hasilnya diringkas seperti Tabel 4. Tanda positif berarti ada keuntungan sedangkan negatif kebalikannya, kondisi DP merugikan dibandingkan TP.

Tabel 4. Hasil Uji Statistik

Simpang	Arus Jenuh	Beda Nyata	Tundaan	Beda Nyata	Pjg. Antrian	Beda Nyata	Wkt. Hilang awal	Beda Nyata
Demangan pagi	+	Ya	+	Tidak	+	Ya	-	Ya
Demangan siang	+	Ya	+	Tidak	+	Ya	-	Ya
Jetis pagi	-	Tidak	-	Tidak	-	Ya	-	Tidak
Jetis siang	-	Ya	+	Tidak	-	Ya	-	Tidak
Pojok Beteng	-	Ya	-	Tidak	-	Tidak	-	Tidak

Berdasar tabel di atas dapat dilihat, dari tiga lengan simpang yang diteliti, simpang Demangan memberikan efek positif terbesar pada kondisi DP dilihat dari kenaikan arus jenuhnya, penurunan tundaan dan panjang antrian, sedangkan untuk dua simpang lainnya, kondisi DP lebih banyak berdampak negatif. Lebih lanjut, bila diperhatikan angka signifikannya secara umum terlihat bahwa variabel tundaan nilai rata-ratanya tidak terdapat perbedaan yang nyata, antara kondisi TP dengan DP, demikian juga untuk waktu hilang awal pada simpang Jetis dan Jukteng, sedangkan untuk variabel panjang antrian datanya tidak konsisten, ada yang naik dan turun.

## b. Analisis Data

Guna mengetahui mengapa hanya simpang Demangan yang berdampak positif, dibandingkan dengan simpang lainnya, diuraikan sebagai berikut:

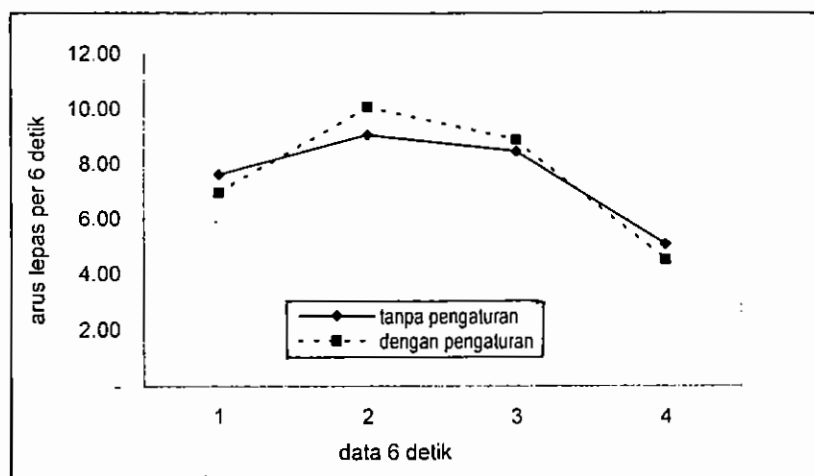
### 1). karakteristik arus yang lewat.

Analisis ini dimaksudkan untuk melihat ciri dan bentuk arus yang lewat, yang dijabarkan dalam bentuk *discharge profile*. *Discharge profile* adalah arus kendaraan yang lewat per interval per 6 detik saat sinyal hijau. Biasanya ditandai dengan meningkatnya arus secara signifikan, kemudian datar dan diakhiri dengan turun yang tajam. Datanya direduksi dari arus jenuh masing-masing simpang untuk setiap interval 6 detikan, hasilnya kemudian dirata-rata.

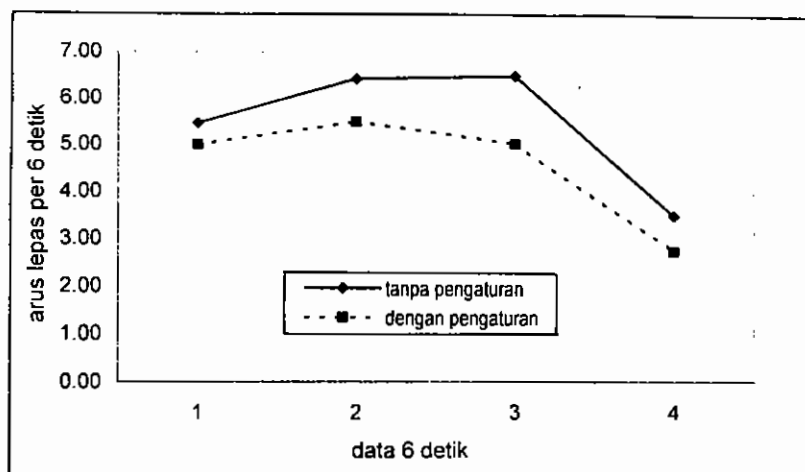
Pada Tabel 5 dapat dilihat arus yang lewat untuk simpang Demangan, Jetis dan Jukteng, untuk kondisi TP dan DP, dan diilustrasikan pada Gambar 3 sampai Gambar 5. Angka tiap interval adalah rata-rata untuk setiap simpang yang bersangkutan, misalnya angka 7,63 pada simpang Demangan adalah angka rata-rata kondisi TP pagi dan siang, demikian juga untuk yang lain.

Tabel 5. Arus Lewat per 6 Detik Kondisi TP dan DP

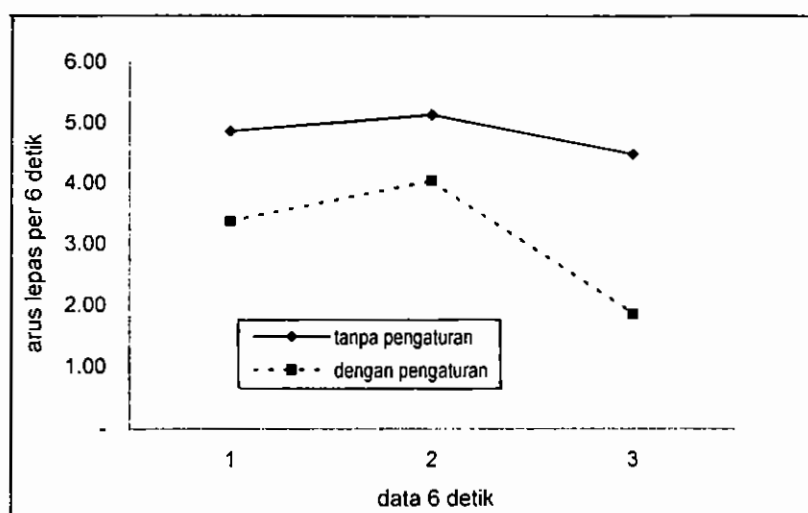
Simpang	Arus lepas per 6 detik							
	Kondisi TP				Kondisi DP			
	1	2	3	4	1	2	3	4
Demangan	7,63	9,08	8,47	5,09	6,97	10,09	8,9	4,52
Jetis	5,46	6,44	6,52	3,52	4,99	5,52	5,06	2,76
Jukteng	4,87	5,14	4,48		3,37	4,04	1,86	



Gambar 3. Perbandingan Arus Lewat Kondisi TP dan DP Simpang Demangan



Gambar 4. Perbandingan Arus Lewat Kondisi TP dan DP Simpang Jetis



Gambar 5. Perbandingan Arus Lewat Kondisi TP dan DP Simpang Jukteng

Berdasar tabel dan ketiga gambar di atas, kondisi TP pada interval pertama melewati lebih banyak kendaraan. Hal ini selaras dengan kenyataan bahwa waktu hilang awal DP lebih tinggi, khususnya untuk simpang Demangan

Pada interval kedua dan ketiga terdapat perbedaan antara simpang Demangan dengan simpang lainnya, secara rata-rata arus yang dilewatkan pada simpang ini untuk kedua interval lebih tinggi dibanding simpang yang lain. Hal ini yang menyebabkan arus jenuh simpang Demangan berdampak positif terhadap kondisi DP, sedangkan yang lainnya tidak. Interval terakhir, kondisi TP melewati kendaraan lebih banyak dibandingkan dengan DP. Ada beberapa hal yang mungkin menjadi faktor lebih tingginya arus yang lewat di interval dua dan tiga pada simpang Demangan, antara lain:

- dikarenakan pengaruh perilaku pengendara yang berbeda pada penempatan lokasi DP, simpang Demangan terletak di sisi kiri sedangkan dua lainnya di depan;
- perubahan proporsi dan komposisi kendaraan yang dilewatkan, sebagaimana yang akan dijelaskan pada bagian berikut.

## 2). proporsi kendaraan

Analisis ini dimaksudkan untuk mengetahui komposisi arus lalu lintas yang lewat pada setiap interval. Dari analisis ini diharapkan dapat diketahui, hubungan antara besarnya prosentase sepeda motor yang dilewatkan dengan waktu hilang awal dan arus jenuh. Proporsi kendaraan ini datanya direduksi dari arus jenuh masing-masing simpang untuk setiap interval 6 detikan. Rekapitulasi hasil perhitungan rata-rata proporsi sepeda motor untuk seluruh simpang dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata Proporsi Sepeda Motor Dilewatkan Setiap Interval (%)

Interval	Simpang Demangan				Simpang Jetis				Simpang Jukteng	
	TP		DP		TP		DP		TP	DP
	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Pagi	Siang	Sore	Sore
1	44	49	72	68	41	38	72	83	45	76
2	30	27	56	38	43	50	45	36	39	31
3	20	22	43	45	43	50	43	26	39	31
4	30	25	49	37	59	57	48	38		

Berdasar data proporsi di atas dapat ditarik beberapa hal, yaitu :

- Kondisi TP, pada interval awal melewati lebih sedikit sepeda motor dibandingkan dengan DP, secara rata-rata proporsinya di bawah 50%, sedangkan DP diatasnya. Hasil uji statistik dapat dilihat pada Tabel 7.
- Pada interval dua dan tiga, terdapat perbedaan proporsi sepeda motor yang dilewatkan, antara simpang yang berdampak positif dengan yang tidak. Simpang Demangan proporsi yang dilewatkan mengalami kenaikan dibanding kondisi TP, sedangkan simpang Jetis siang dan Jukteng justru mengalami penurunan. Uji statistik interval hasilnya pada Tabel 8 dan 9.
- Interval akhir, fenomena pada interval dua dan tiga juga terjadi, dimana pada simpang Demangan sepeda motor yang dilewatkan lebih banyak untuk DP, di lain sisi untuk simpang yang berdampak negatif terjadi penurunan.
- Proporsi sepeda motor yang dilewatkan pada kondisi DP, antara yang ditempatkan di depan maupun di kiri antrian, tidak terdapat perbedaan yang berarti. Ini dapat dilihat dari proporsi sepeda motor kondisi DP pada interval pertama, yang angkanya rata-rata di atas 68%.

Tabel 7. Hasil Uji Proporsi Sepeda Motor Interval 1

Simpang	n <sub>1</sub> /n <sub>2</sub>	Rerata		Lavene test		Beda Nyata	t-test		Df	Beda Nyata
		TP	DP	F	Sig		t	Sig		
Demangan Pagi	28/21	44	72	0,31	0,578	Tidak	-6,542	0,000	47	Ya
Demangan Siang	25/20	49	68	1,67	0,203	Tidak	-3,672	0,001	43	Ya

n<sub>1</sub> : jumlah data untuk tanpa pengaturan; n<sub>2</sub> : jumlah data untuk dengan pengaturan

Tabel 8. Hasil Uji Proporsi Sepeda Motor Interval 2

Simpang	n <sub>1</sub> /n <sub>2</sub>	Rerata		Lavene test		Beda Nyata	t-test		Df	Beda Nyata
		TP	DP	F	Sig		t	Sig		
Demangan Pagi	28/21	30	56	0,01	0,897	Tidak	-7,726	0,000	43	Ya
Demangan Siang	25/20	27	38	4,84	0,033	Ya	-2,632	0,012	43	Ya

n<sub>1</sub> : jumlah data untuk tanpa pengaturan; n<sub>2</sub> : jumlah data untuk dengan pengaturan

Tabel 9. Hasil Uji Proporsi Sepeda Motor Interval 3

Simpang	$n_1/n_2$	Rerata		Lavene test		Beda Nyata	t-test		Df	Beda Nyata
		TP	DP	F	Sig		t	Sig		
Demangan Pagi	28/21	20	43	4,26	0,044	Ya	-0,461	0,000	47	Ya
Demangan Siang	25/20	22	45	2,02	0,162	Tidak	-0,461	0,001	34	Ya

$n_1$  : jumlah data untuk tanpa pengaturan;  $n_2$  : jumlah data untuk dengan pengaturan

### 3). waktu hilang awal

Berbeda dengan anggapan awal, pemisahan sepeda motor yang dapat berakselerasi lebih cepat, ternyata justru berdampak negatif

Ada beberapa kemungkinan yang menyebabkan hal ini terjadi, antara lain:

- Holroyd (1963 dalam Sutomo 1994) menyatakan angka smp untuk sepeda motor cenderung lebih kecil untuk 0,1 menit pertama dibanding sisanya, yaitu 0,21 dan 0,31. Perbedaan ini dikarenakan kemampuan sepeda motor untuk dapat memanfaatkan ruang kosong di belakang garis henti. Untuk penelitian ini angka smp untuk kedua kondisi memakai besaran yang sama; jika angka smp dibedakan, nilai waktu hilang awal kedua kondisi mungkin saja berbeda.
- proporsi sepeda motor yang dilewatkan pada interval awal untuk kondisi DP lebih tinggi dari TP. Idealnya proporsi yang dilewatkan pada interval awal tidak lebih besar dari 50%.
- Penyusun menduga, perilaku pengendara berhati-hati bila ada petugas dan takut melanggar aturan. Hal ini terlihat jelas pada kondisi TP, sebagian pengendara sepeda motor terlihat sudah mulai bergerak, saat gerak kendaraan fase hijau sebelumnya mulai melambat. Keadaan ini jarang terjadi untuk kondisi DP.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian seperti yang telah dipaparkan di atas dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

- Pengaturan sepeda motor pada persimpangan ternyata tidak selalu meningkatkan kapasitas simpang. Hal ini terbukti bahwa pada beberapa simpang yang diteliti pada kondisi DP arus jenuh tidak selalu naik. Demikian pula waktu hilang awal tidak selalu berkurang dan panjang antrian tidak konsisten.
- Proporsi sepeda motor pada kondisi DP antara yang ditempatkan di depan maupun di kiri antrian tidak terdapat perbedaan yang berarti.

Berdasarkan kesimpulan di atas perlu diperhatikan hal-hal sebagai berikut:

- Diperlukan penelitian lebih lanjut, untuk menentukan lokasi atau luas posisi DP, yang dapat mengalirkan arus kendaraan dengan proporsi sepeda motor, sedikit di interval awal dan lebih besar di interval berikutnya.
- Kondisi DP akan mempengaruhi perilaku pengendara, khususnya sepeda motor. Disarankan untuk diadakan penelitian menyangkut perilaku pengendara pada kondisi DP.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Lembaga Penelitian UGM atas bantuan dana yang diberikan pada penelitian ini melalui Dana Masyarakat Tahun Anggaran 2002.

## KEPUSTAKAAN

- Anonim, 1997, *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*, Dit.Bina Marga Departemen Pekerjaan Umum.
- Djarwanto, O., 1996, *Statistik Induktif*, edisi keempat, BPFE, Yogyakarta
- Drew, R.D., 1968, *Traffic Flow Theory and Control*, McGraw-Hill Book Company, New York.



- Forges, T.W., 1963, *Human Factor Consideration in Flow Theory*, Highway Research Board, Record 15, pp 60-66
- Gazis, D.C., 1974, *Traffic Science*, John Wiley & Son, London
- Gerlough, D.L., Huber, M.J., 1975, *Traffic Flow Theory a Monograph*, TRB Special Report 165, Transportation Research Board, National Research Council, Washington DC
- Greenberg, H., 1984, *An Analysis of Traffic Flow*, Operation Research, 7, pp 79.
- Greenshields, B.D., 1935, *A Study in Highway Capacity*, Proc. Highway Research Board,
- Haight, F., 1963, *Mathematical Theories of Traffic Flow*, Academic Press Inc, London
- Hudson, M., 1981, *Bicycle Planning, Policy and Practice*, The Architectural Press, London.
- Imron, 2000, *Studi Akibat Persimpangan Jalan*, Prosiding Simposium III FSTPT, Yogyakarta
- Kimber, R.M., Semmens, M.C., 1982, *An Experiment to Investigate Saturation Flow at Traffic Signals Junction*, Traffic Engineering & Control, pp 110-114
- Kimber, R.M., McDonald, M., Hounsell, N.B., 1986, *The Prediction of Saturation Flow for Road Junctions Controlled by Traffic Signals*, TRRL, Research Report 67, Transportation and Research Laboratory, Crowthorne London
- Kyte, M., Zegeer, J., Lall, B.K., 1988, *Empirical Models for Estimating Capacity and Delay at Stop Controlled Intersections in the United States*, Journal on Proceeding of an International Workshop, West Germany
- May, A.D., 1990, *Traffic Flow Fundamentals*, Prentic-Hall, Inc, New Jersey
- Prajitno, A., 1999, *Pengaruh Larangan Belok Kanan pada Simpang Bersinyal Terhadap Kinerja Jaringan Jalan*, Tesis S-2 MSTT UGM, Yogyakarta.
- Priyanto, S., 1994, *Effect of Parked Vehicle on Approaches to Signalized Intersection*, The University of Leeds Department of Civil Engineering Institute for Transport Studies, unpublished
- RRL, 1963, *A Method of Measuring Saturation Flow at Traffic Signals*, Road Note 34, HMSO, London
- Salter, R.J., 1976, *Highway Traffic Analysis and Design*, The MacMillan Ltd., London
- Stokes, W.R., 1988, *Comparisson of Saturation Flow Rate at Signalized Intersection*, *ITE Journal*, pp 15-20
- Suraji, A 2000, *Pengaruh Penerapan Pola Pergerakan Belok Kiri Jalan Terus Terhadap Arus Jenuh pada Persimpangan*, Prosiding KNTJ ke-6, Jakarta.
- Sutomo H., 1992, *Appropriate Saturation Flow at Traffic Signal in Java Cities, a Modelling Approach*, The University of Leeds Department of Civil Engineering Institute for Transport Studies, unpublished
- Webster and Cobbe, 1966, *Traffic Sign*, Road Research Technical Paper no.56, TRRL, Her Majesty's, London.